

Boletín Informativo

EPIDEMIOLOGÍA BASADA EN AGUAS RESIDUALES PARA MONITOREAR EL CONSUMO DE DROGAS



MAYO 2023



OEA | CICAD



COMISIÓN INTERAMERICANA PARA EL CONTROL DEL ABUSO DE DROGAS (CICAD)

OAS Cataloging-in-Publication Data
Inter-American Drug Abuse Control Commission

Boletín informativo: Epidemiología basada en aguas residuales para monitorear el consumo de drogas p.; cm. (OAS. Documentos oficiales; OEA/Ser.L)

COPYRIGHT© Organización de los Estados Americanos.

Todos los derechos reservados bajo las Convenciones Internacionales y Panamericanas. Ninguna porción del contenido de este material se puede reproducir o transmitir en ninguna forma, ni por cualquier medio electrónico o mecánico, total o parcialmente, sin el consentimiento expreso de la Organización.

Preparado y publicado por la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD), Organización de los Estados Americanos (OEA). Boletín informativo: Epidemiología basada en aguas residuales para monitorear el consumo de drogas, Washington, D.C., 2023.

Los comentarios sobre el documento serán bien recibidos.
Pueden enviarse a OID_CICAD@oas.org.

El contenido de este documento se presenta exclusivamente para fines informativos y no representa necesariamente la opinión o posición oficial de la Organización de los Estados Americanos, de su Secretaría General o de sus Estados Miembros.

Este Boletín informativo fue preparado por el Observatorio Interamericano sobre Drogas (OID), de la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD), que forma parte de la Secretaría de Seguridad Multidimensional (SSM) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Secretario Ejecutivo

Adam E. Namm

Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas
Organización de los Estados Americanos

Secretaria Ejecutiva Adjunta

Angela Crowdy

Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas
Organización de los Estados Americanos

Coordinación general

Marya Hynes

Revisión técnica

Juan Carlos Araneda

Pernell Clarke

Paula Demassi

Daniela Ocaña

Autor

Viviane Yargeau, PhD

Consultora de la CICAD

Departamento de Ingeniería Química
Universidad McGill, Montreal, Quebec, Canadá
Miembro de la Asociación Internacional del Agua

La Secretaría Ejecutiva de la CICAD (SE-CICAD) desea agradecer a las comisiones nacionales sobre drogas de los Estados Miembros de la OEA, sin las cuales no habría sido posible preparar este documento.

Asimismo, la SE-CICAD agradece las invaluable contribuciones a este documento efectuadas por los observatorios nacionales sobre drogas de los Estados Miembros de la OEA de América Latina y el Caribe.

La SE-CICAD agradece en particular el apoyo y el financiamiento del Gobierno de Canadá para el “Proyecto sobre Sistemas de Alerta Temprana en Respuesta a Opioides y Nuevas Sustancias Psicoactivas”, de la CICAD, en América Latina y el Caribe.

ÍNDICE

Resumen	6
1. ¿Qué es la epidemiología basada en aguas residuales (EAR)?	11
1.1. Ventajas y limitaciones de la EAR	13
2. ¿Qué se necesita para usar la EAR como instrumento para monitorear el consumo de drogas?	14
2.1. Principales partes interesadas	15
2.2. Infraestructura necesaria en la planta de tratamiento de aguas residuales para realizar estudios de EAR	16
2.3. Infraestructura de laboratorio requerida para realizar estudios de EAR	18
2.4. Información necesaria para interpretar los resultados de los estudios de EAR	20
2.5. Resumen de las mejores prácticas de EAR para monitorear el consumo de drogas	21
3. Consideraciones éticas de la EAR	22
4. Panorama de los estudios de EAR realizados en las Américas	24

RESUMEN

En la Estrategia Hemisférica sobre Drogas se encomienda a la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD) que fomente la investigación científica a fin de generar, recopilar, organizar, analizar y diseminar información que sirva de fundamento para políticas y estrategias sobre drogas basadas en la evidencia. Asimismo, en el Plan de Acción Hemisférico sobre Drogas 2021-2025, de la OEA, se exhorta a los Estados Miembros a que contribuyan “al Sistema de Alerta Temprana de las Américas (SATA) a fin de recibir las alertas nacionales y comunicarlas a los Estados Miembros para que puedan responder cuanto antes a las nuevas amenazas”. Con ese fin, el Observatorio Interamericano sobre Drogas (OID), de la CICAD, elabora protocolos de investigación, manuales, directrices y material para la capacitación en una amplia gama de temas.

La Secretaría Ejecutiva de la CICAD (SE-CICAD) y los Estados Miembros asignan una importancia creciente a la investigación, la prevención y las medidas de control que puedan mitigar el problema de las drogas sintéticas, entre ellas las nuevas sustancias psicoactivas (NSP), el fentanilo, otros opioides sintéticos y los productos farmacéuticos ilícitos en las Américas. Según el Boletín informativo de marzo de 2023 de la CICAD, “Tendencias del uso, la producción y la oferta de fentanilo en América del Norte”, se observó un nexo entre el fentanilo y el 86% de las 7.560 muertes que parecían deberse a sobredosis relacionadas con opioides acaecidas en Canadá en 2021. Asimismo, en Estados Unidos, el número anual de muertes por sobredosis relacionadas con el fentanilo en todo el país pasó de 5.544 en 2014 a 56.516 en 2020 (y 70.404, provisionalmente, en 2021), lo cual representa un aumento del 919%. Aunque hay menos datos de México, la información más reciente parece indicar que el consumo de opioides –en particular fentanilo– posiblemente esté aumentando también en este país, en particular cerca de la frontera con Estados Unidos.

Aunque los Estados Miembros han avanzado en la recopilación y el análisis de datos, obtener un panorama completo de la situación del consumo de drogas en cualquier país o población es una tarea compleja. El OID de la CICAD ha estado trabajando con los Estados Miembros de la OEA para actualizar los métodos epidemiológicos de recopilación de datos, con el fin de buscar métodos de investigación de bajo costo. Aunque durante muchos años se ha considerado que las investigaciones epidemiológicas basadas en la población son el mejor enfoque de los estudios del consumo de drogas en las principales poblaciones, no siempre es posible hacer encuestas nacionales periódicamente. Los estudios nacionales de la población pueden ser costosos y presentar limitaciones estadísticas con respecto a las drogas de baja prevalencia. En vista de estas dificultades, es esencial usar un método con varios indicadores al evaluar el consumo de drogas en diversas comunidades y poblaciones.

Se ha comprobado que la epidemiología basada en aguas residuales es una herramienta complementaria valiosa para realizar un análisis más completo del consumo de drogas. Es un método que se ha venido desarrollando y optimizando desde 2005 por medio de la colaboración internacional entre investigadores de distintas disciplinas (química, fisiología, ingeniería de aguas residuales, estadística y epidemiología del consumo de drogas, entre otras). Su labor ha contribuido al desarrollo del conocimiento en el ámbito de la epidemiología basada en aguas residuales (EAR) y las mejores prácticas.¹ El uso de un procedimiento estandarizado ha mejorado la credibilidad y la fiabilidad de los estudios y ha facilitado comparaciones entre datos de distintas fuentes. El uso de la EAR en todo el mundo para monitorear el consumo de drogas ha demostrado su potencial para el monitoreo del consumo de drogas comunes tales como cocaína, cannabis, anfetamina, metanfetamina, metilendioximetanfetamina (MDMA), otras drogas sintéticas, opioides y NSP.

¹ van Nuijs et al. 2018. *Multi-year inter-laboratory exercises for the analysis of illicit drugs and metabolites in wastewater: Development of a quality control system*. *Trac-Trend Anal Chem* **103**: 34-43.

Gráfico 1. Principales elementos del método de la EAR

1 ¿Qué se necesita en la planta de tratamiento de aguas residuales?

- Punto de muestreo antes del tratamiento
- Caudal de las aguas residuales en el punto de muestreo
- Capacidad para recolectar muestras compuestas durante un período de 24 horas
- Conocimiento del tamaño de la población servida por la planta de tratamiento
- Espacio en un refrigerador o en un congelador para almacenar las muestras después de su obtención
- Información sobre la red de alcantarillado y circunstancias especiales

2 ¿Quiénes son las principales partes interesadas?

- Instituciones regionales y nacionales que monitorean el consumo de drogas
- Autoridades locales a cargo del tratamiento de aguas residuales
- Profesionales del ámbito de las aguas residuales
- Científicos
- Agentes de las fuerzas del orden
- Profesionales de la salud pública
- Responsables de las políticas

3 ¿Cuáles son las consideraciones éticas?

En vista del riesgo de que el estudio de EAR tenga consecuencias para los grupos en situación de vulnerabilidad, se debe hacer lo siguiente:

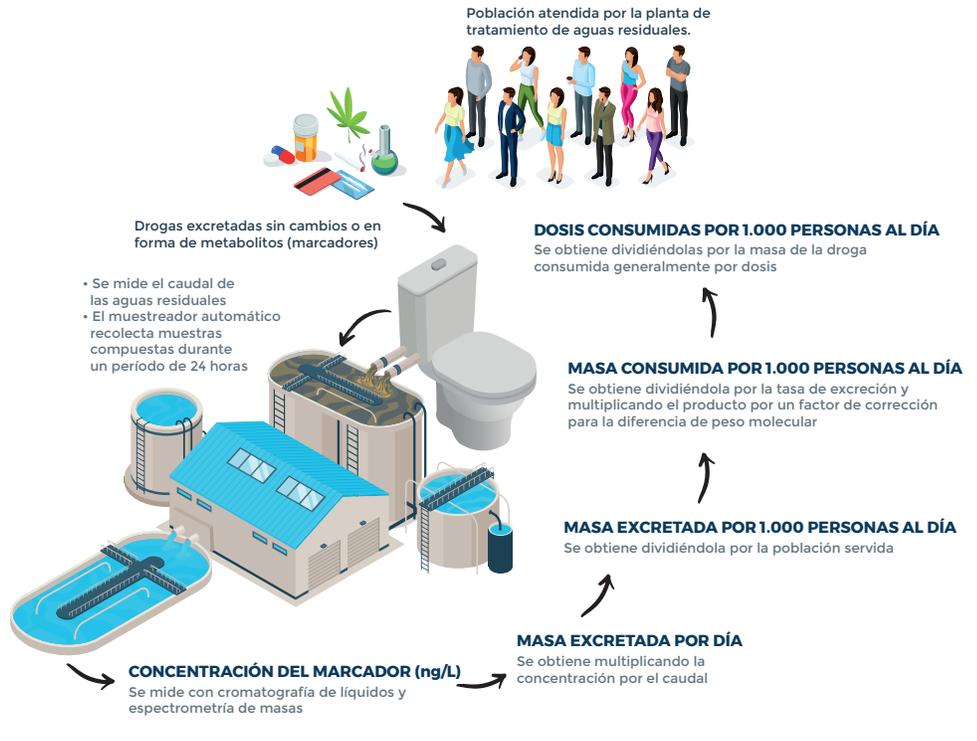
- tener en cuenta el contexto sociopolítico del estudio;
- determinar la necesidad de anonimizar los datos;
- formular un plan de comunicación;
- determinar y comprender las expectativas de las distintas partes interesadas.

4 ¿Qué se necesita en el laboratorio?

- Espacio en un refrigerador o en un congelador para almacenar las muestras después de su obtención
- Drogas etiquetadas para marcar las muestras
- Equipo (sistema de filtración y extracción en fase sólida) para preparar muestras de aguas residuales
- Instrumentos analíticos: cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas
- Científicos

5 ¿Qué es la epidemiología basada en aguas residuales?

La epidemiología basada en aguas residuales determina la presencia o la cantidad de marcadores (químicos o biológicos) en aguas residuales recolectadas en una planta de tratamiento, a fin de obtener información sobre las poblaciones servidas o la planta y, más específicamente, sobre el consumo de drogas.



¿Cuáles son las ventajas y las limitaciones?

Características del método	Métodos convencionales	Epidemiología basada en aguas residuales
Sesgo de los encuestados	(-) Sí	(+) No
Resolución geográfica	(-) Baja	(+) Alta
Estimaciones en tiempo real	(-) No	(+) Sí
Costo del estudio	(-) Alto	(+) Bajo
Análisis retrospectivo de los datos	(-) No es posible	(+) Posible, según la forma en que se obtengan los datos
Datos sobre la frecuencia y los patrones de consumo	(+) Sí	(-) No
Detección de cambios en los patrones en un corto período	(-) No es posible	(-) Posible
Modalidad de consumo de drogas	(+) Sí	(-) No
Características del consumidor	(+) Sí	(-) No
Información sobre la pureza de las drogas	(+) Sí	(-) No
Identificación de drogas nuevas	(+/-) Posible, pero difícil	(+) Sí

Aunque la EAR es una herramienta útil para llenar las lagunas de otras investigaciones epidemiológicas, tiene ciertas limitaciones. Por ejemplo, no proporciona información sobre la prevalencia y la frecuencia del consumo, las vías de administración, la pureza de las drogas, el número de consumidores o sus características. Además, las estimaciones del tamaño de la población servida por las plantas de tratamiento de aguas residuales suelen ser inciertas. Por lo tanto, se propone la EAR como complemento de las herramientas de monitoreo habituales, y no como un sustituto. En este contexto, en los estudios futuros de EAR se debería tratar de integrar mejor este método con los indicadores epidemiológicos que se usan actualmente. De hecho, se pueden comprender mejor los patrones de consumo de drogas y obtener información para formular intervenciones y estrategias eficaces por medio de la integración y la estrecha colaboración entre especialistas en aguas residuales, epidemiólogos, las autoridades de salud pública, las autoridades antidrogas y los programas de intervención.

El objetivo de este documento es proveer información a los Estados Miembros que han expresado interés en saber más sobre la EAR como herramienta para monitorear el consumo de drogas. En el documento se explican los pasos básicos para llevar a cabo un estudio de EAR sobre el consumo de drogas y se proporciona orientación técnica básica a los investigadores que planeen estudios de drogas basados en aguas residuales. Aunque la EAR puede usarse para monitorear varios biomarcadores de la salud de la población (por ejemplo, SARS-CoV-2, poliomielitis, alimentación y exposición a contaminantes), en este documento se aborda únicamente el uso de la EAR para monitorear el consumo de drogas. Primero se describen los elementos del método de la EAR para estimar el consumo de drogas en comunidades y poblaciones, y después se indican los recursos físicos y humanos necesarios para realizar estos estudios, teniendo en cuenta las partes interesadas y otras consideraciones importantes. Por último, se hace una revisión de los estudios publicados realizados en Estados Miembros de la OEA.²

² En una revisión sistemática de las obras publicadas se encontraron estudios de la EAR publicados por los siguientes Estados Miembros de la OEA: Barbados, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México y Uruguay.

¿QUÉ ES LA EPIDEMIOLOGÍA BASADA EN AGUAS RESIDUALES (EAR)?

La epidemiología basada en aguas residuales (EAR), también llamada vigilancia de las aguas residuales, es una herramienta para determinar la presencia o la cantidad de marcadores químicos o biológicos en aguas residuales sin tratar recolectadas de una planta de tratamiento de aguas residuales. Se usa para obtener información sobre la salud de la comunidad o población servida por la planta y, más específicamente en el caso de este documento, sobre el nivel de consumo de drogas. Este método se basa en el principio de que las personas de una comunidad o población que consumen sustancias o están expuestas a ellas las excretan sin cambios o en forma de metabolitos en la orina o en las heces, y estas sustancias terminan en las aguas residuales.³ Al medir estos residuos, denominados “marcadores”, en las aguas residuales sin tratar, se puede estimar el consumo de estas sustancias en una comunidad o población o la exposición a ellas.

El primer estudio en el cual se describió el método de la EAR se hizo en Italia. Se midió la presencia de cocaína y sus metabolitos en aguas residuales sin tratar y después se calculó el consumo de cocaína por una población.⁴ La EAR se extendió con rapidez en Europa y llevó a la creación de una red europea de análisis de las aguas residuales (Sewage Analysis CORE group – Europe [SCORE]), inicialmente con el fin de armonizar el método y, después, impulsar el desarrollo de la epidemiología basada en aguas residuales como herramienta innovadora para mejorar la salud humana en todo el mundo (SCORE 2022). Con los años, varios investigadores de países que no forman parte de la Unión Europea se sumaron a la red SCORE y efectuaron estimaciones de datos y comparaciones del consumo de drogas con el transcurso del tiempo en 120 ciudades de 37 países de todo el mundo. Los resultados de los estudios de EAR por lo general concuerdan con los datos de la prevalencia obtenidos con métodos convencionales, lo cual demuestra la utilidad del método de la EAR como complemento de métodos socioepidemiológicos convencionales, como encuestas de población y cuestionarios, registros médicos, estadísticas delictivas y datos sobre incautaciones.^{5, 6} La mayoría de los estudios de EAR se centran en estimaciones del consumo de la población basadas en muestras de aguas residuales sin tratar recolectadas repetidamente de plantas municipales centralizadas de tratamiento de aguas residuales, lo cual constituye el tema central de este documento. Aun así, en un número creciente de estudios se ha usado este método para estimar el consumo de drogas en comunidades específicas (por ejemplo, instituciones de enseñanza y cárceles) y durante eventos especiales (por ejemplo, festivales de música, encuentros deportivos y feriados).⁷

3 Bijlsma, L., A. M. Botero-Coy, R. J. Rincon, G. A. Penuela y F. Hernandez (2016). *Estimation of illicit drug use in the main cities of Colombia by means of urban wastewater analysis*. *Sci Total Environ* **565**: 984-993.

4 Zuccato, E., C. Chiabrando, S. Castiglioni, D. Calamari, R. Bagnati, S. Schiarea y R. Fanelli (2005). *Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse*. *Environ Health* **4**: 1-7.

5 Zuccato, E., C. Chiabrando, S. Castiglioni, R. Bagnati y R. Fanelli (2008). *Estimating community drug abuse by wastewater analysis*. *Environ Health Perspect* **116**(8): 1027-1032.

6 van Nuijs, A. L., S. Castiglioni, I. Tarcomnicu, C. Postigo, M. Lopez de Alda, H. Neels, E. Zuccato, D. Barcelo y A. Covaci (2011). *Illicit drug consumption estimations derived from wastewater analysis: A critical review*. *Sci Total Environ* **409**(19): 3564-3577.

7 Verovsek, T., I. Krizman-Matasic, D. Heath y E. Heath (2020). *Site- and event-specific wastewater-based epidemiology: Current status and future perspectives*. *Trends Environ Anal* **28**: e00105

Aunque la EAR se ha usado durante casi veinte años para estimar el consumo de drogas, más recientemente se ha comenzado a usar esta técnica con otros fines. En vista de que la mayoría de los productos químicos que entran en el organismo por medio de lo que consumimos (al comer, beber o fumar) se excretan sin cambios o como una combinación de metabolitos en la orina o en las heces, estos compuestos terminan en las aguas residuales municipales. Por lo tanto, la EAR puede usarse con biomarcadores para estimar el consumo de alcohol,⁸ tabaco y NSP.⁹ Otros usos son la medición de la 8-iso-prostaglandina F2 como biomarcador de agresión oxidativa, es decir, un desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes que podría deberse a la exposición a diversos compuestos,¹⁰ y el análisis de vitaminas hidrosolubles como indicadores de la alimentación.¹¹ Últimamente, la EAR se ha usado mucho para estimar la prevalencia del SARS-CoV-2.¹² Este método puede usarse también para estimar la prevalencia de diversas enfermedades transmisibles, como la poliomielitis.¹³

1.1. Ventajas y limitaciones de la EAR

En la actualidad se reconoce ampliamente que la EAR es una herramienta complementaria de los métodos convencionales para evaluar el consumo de drogas.^{14, 15} En el cuadro 1 se resumen las principales ventajas y limitaciones de la EAR y los métodos convencionales. Una de las principales ventajas de la EAR en comparación con las encuestas es que en el análisis de las aguas residuales no influye el sesgo de los encuestados y este método no depende de lo que las personas recuerdan o saben acerca de los tipos y la cantidad de drogas consumidas (es decir, el “sesgo de rememoración”). Además, como la EAR capta la totalidad de la población servida por una planta de tratamiento, se puede determinar el consumo de drogas con una mayor resolución geográfica que con las encuestas y a un costo menor. Asimismo, se pueden efectuar estimaciones casi en tiempo real y observar tendencias temporales, ya se obtienen resultados en menos tiempo. Por lo tanto, el análisis de las aguas residuales puede ser una herramienta útil para monitorear tendencias tanto temporales como geográficas.

⁸ Ryu, Y., D. Barcelo, L. P. Barron, L. Bijlsma, S. Castiglioni, P. de Voogt, E. Emke, F. Hernandez, F. Y. Lai, A. Lopes, M. L. de Alda, N. Mastroianni, K. Munro, J. O'Brien, C. Ort, B. G. Plosz, M. J. Reid, V. Yargeau y K. V. Thomas (2016). *Comparative measurement and quantitative risk assessment of alcohol consumption through wastewater-based epidemiology: An international study in 20 cities*. *Sci Total Environ* **565**: 977-983

⁹ Bade, R., J. M. White, M. Ghetia, S. Adiraju, S. Adhikari, L. Bijlsma, T. Boogaerts, D. A. Burgard, S. Castiglioni, A. Celma, A. Chappell, A. Covaci, E. M. Driver, R. U. Halden, F. Hernandez, H. J. Lee, A. L. N. van Nuijs, J. E. Oh, M. A. P. Castro, N. Salgueiro-Gonzalez, B. Subedi, X. T. Shao, V. Yargeau, E. Zuccato y C. Gerber (2022). *A taste for new psychoactive substances: Wastewater Analysis study of 10 countries*. *Environ Sci Tech Lett* **9**(1): 57-63.

¹⁰ Ryu, Y., M. J. Reid y K. V. Thomas (2015). *Liquid chromatography-high resolution mass spectrometry with immunoaffinity clean-up for the determination of the oxidative stress biomarker 8-iso-prostaglandin F2alpha in wastewater*. *J Chromatogr A* **1409**: 146-151.

¹¹ Tsuji, T., T. Fukuwatari, S. Sasaki y K. Shibata (2010). *Urinary excretion of vitamin B1, B2, B6, niacin, pantothenic acid, folate, and vitamin C correlates with dietary intakes of free-living elderly, female Japanese*. *Nutr Res* **30**(3): 171-178.

¹² CWN. (2020). *Ethics and communications guidance for wastewater surveillance to inform public health decision-making about COVID-19*. Consultado el 16 de octubre de 2022 en <https://cwn-rce.ca/wp-content/uploads/COVID19-Wastewater-Coalition-Ethics-and-Communications-Guidance-v4-Sept-2020.pdf>.

¹³ Duintjer Tebbens, R. J., M. Zimmermann, M. A. Pallansch y K. M. Thompson (2017). *Insights from a Systematic Search for Information on Designs, Costs, and Effectiveness of Poliovirus Environmental Surveillance Systems*. *Food Environ Virol* **9**(4): 361-382.

¹⁴ Castiglioni, S., L. Bijlsma, A. Covaci, E. Emke, F. Hernández, M. Reid, C. Ort, K. V. Thomas, A. L. N. van Nuijs, P. de Voogt y E. Zuccato (2013). *Evaluation of uncertainties associated with the determination of community drug use through the measurement of sewage drug biomarkers*. *Environ Sci Technol* **47**(3): 1452-146.

¹⁵ European Monitoring Centre on Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) (2016). *Assessing illicit drugs in wastewater: Advances in wastewater-based drug epidemiology*, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Sin embargo, la EAR no puede reemplazar por completo los métodos actuales, como las encuestas autoadministradas, los informes toxicológicos y de sobredosis, la demanda de tratamiento y las estadísticas delictivas relacionadas con las drogas. Por ejemplo, el análisis de aguas residuales no puede proveer información sobre la prevalencia y la frecuencia del consumo, las vías de administración o la pureza de las drogas y no puede usarse para estimar el número de consumidores de drogas ni sus características demográficas (EMCDDA 2016).¹⁶

Cuadro 1. Resumen de las principales ventajas y limitaciones de la EAR y los métodos epidemiológicos convencionales (adaptado de EMCDDA 2016)

Características del método	Métodos convencionales	Epidemiología basada en aguas residuales
Sesgo de los encuestados	(-) Sí	(+) No
Resolución geográfica	(-) Baja	(+) Alta
Estimaciones en tiempo real	(-) No	(+) Sí
Costo del estudio	(-) Alto	(+) Bajo
Análisis retrospectivo de los datos	(-) No es posible	(+) Posible, según la forma en que se obtengan los datos
Datos sobre la frecuencia y los patrones de consumo	(+) Sí	(-) No
Detección de cambios en los patrones en un corto período	(-) No es posible	(-) Posible
Modalidad de consumo de drogas	(+) Sí	(-) No
Características del consumidor	(+) Sí	(-) No
Información sobre la pureza de las drogas	(+) Sí	(-) No
Identificación de drogas nuevas	(+/-) Posible, pero difícil	(+) Sí

A raíz de la complementariedad de la EAR y los métodos convencionales, la combinación de datos derivados de análisis de aguas residuales con otros obtenidos por medios convencionales provee un conjunto de datos de calidad superior para comprender la magnitud y las causas del consumo de drogas. La adición de la EAR al conjunto de herramientas puede facilitar la obtención de resultados oportunos y servir de herramienta de alerta temprana (van Nuijs et al. 2011).

¹⁶ van Nuijs, A. L., S. Castiglioni, I. Tarcomnicu, C. Postigo, M. Lopez de Alda, H. Neels, E. Zuccato, D. Barcelo y A. Covaci (2011). *Illicit drug consumption estimations derived from wastewater analysis: A critical review*. *Sci Total Environ* 409(19): 3564-3577



**¿QUÉ SE NECESITA
PARA USAR
LA EAR COMO
INSTRUMENTO
PARA MONITOREAR
EL CONSUMO DE
DROGAS?**

Los estudios de epidemiología basada en aguas residuales abarcan cuatro fases: planificación, muestreo, análisis e interpretación. Cada fase tiene requisitos diferentes, que se resumen en los párrafos siguientes. En los apartados 2.1 a 2.4 se presentan más detalles de los requisitos para hacer un estudio de EAR.

En la **fase de planificación**, es esencial indicar el objetivo del estudio y las partes interesadas (véase el apartado 2.1) que deberían participar. Una vez definido claramente el objetivo del estudio, se puede indicar la resolución geográfica pertinente, seleccionar las plantas de tratamiento de aguas residuales y determinar qué aprobaciones se necesitan. En esta etapa también es importante indicar biomarcadores apropiados para monitorear las drogas en las aguas residuales. Deben ser biomarcadores que permanezcan estables en el sistema de alcantarillado, que correspondan específicamente a los seres humanos y sobre los cuales haya datos farmacológicos en relación con su metabolismo y excreción en niveles suficientes para generar concentraciones detectables en las aguas residuales. Asimismo, en esta etapa es importante formular estrategias adecuadas para dar a conocer los resultados, teniendo en cuenta el objetivo del estudio y las consideraciones éticas (véase la sección 3).

En la **fase de muestreo** se debe usar un método de muestreo apropiado y las mejores prácticas para recolectar, manipular y almacenar las muestras (véase el apartado 2.2). Todos los procedimientos deben estar bien documentados. Por ejemplo, se debe tomar nota de toda situación desacostumbrada con respecto a la población (feriados, eventos, etc.) y la red de alcantarillado (reparaciones, modificaciones, conexiones nuevas, precipitaciones, etc.) a fin de tenerla en cuenta posteriormente al interpretar los resultados.

En las **fases de análisis** debe haber acceso a instrumentos analíticos para cuantificar pequeñas cantidades de compuestos (ng/L) y se debe contar con personal calificado para realizar el análisis químico a fin de obtener resultados fiables. Se deben validar los métodos analíticos para los marcadores seleccionados y se deben tomar medidas adecuadas de control y aseguramiento de la calidad para que el proceso sea robusto. Los procedimientos para preparar las muestras y la infraestructura de laboratorio necesaria para un estudio de EAR se describen en el apartado 2.3.

En la **fase de interpretación**, las concentraciones medidas en las aguas residuales se usan para estimar el consumo de drogas en la comunidad o población en miligramos consumidos por día por 1.000 habitantes. Para estimar la carga específica de la droga excretada se necesitan datos fidedignos sobre el caudal de las aguas residuales (metros cúbicos por día) y la población servida por la planta de tratamiento. También se necesitan datos farmacológicos del porcentaje de cada droga o su metabolito excretado en la orina. Después, para estimar el número de dosis diarias por 1.000 habitantes, es necesario saber la dosis promedio (en miligramos). La pureza de las drogas podría complicar estas estimaciones.

2.1. Principales partes interesadas

Las principales partes interesadas en los estudios de EAR por lo general son las siguientes:^{17,18}

- Instituciones regionales y nacionales que monitorean el consumo de drogas;
- Autoridades locales a cargo del tratamiento de aguas residuales;
- Profesionales en el ámbito de las aguas residuales;
- Científicos;
- Agentes de las fuerzas del orden;
- Profesionales de la salud pública;
- Responsables de las políticas.

Para ciertos aspectos de la EAR, Yargeau y Werschler indicaron algunos tipos de personal calificado adicional que podrían contribuir a la investigación, como estadísticos que se encarguen de establecer las mejoras prácticas para las estrategias de muestreo, profesionales con experiencia en bioestadística y farmacocinética que se encarguen de determinar las tasas de excreción y los factores de corrección necesarios para las estimaciones, así como estadísticos especializados en encuestas que integren los resultados de la EAR en los datos convencionales sobre el consumo de drogas.

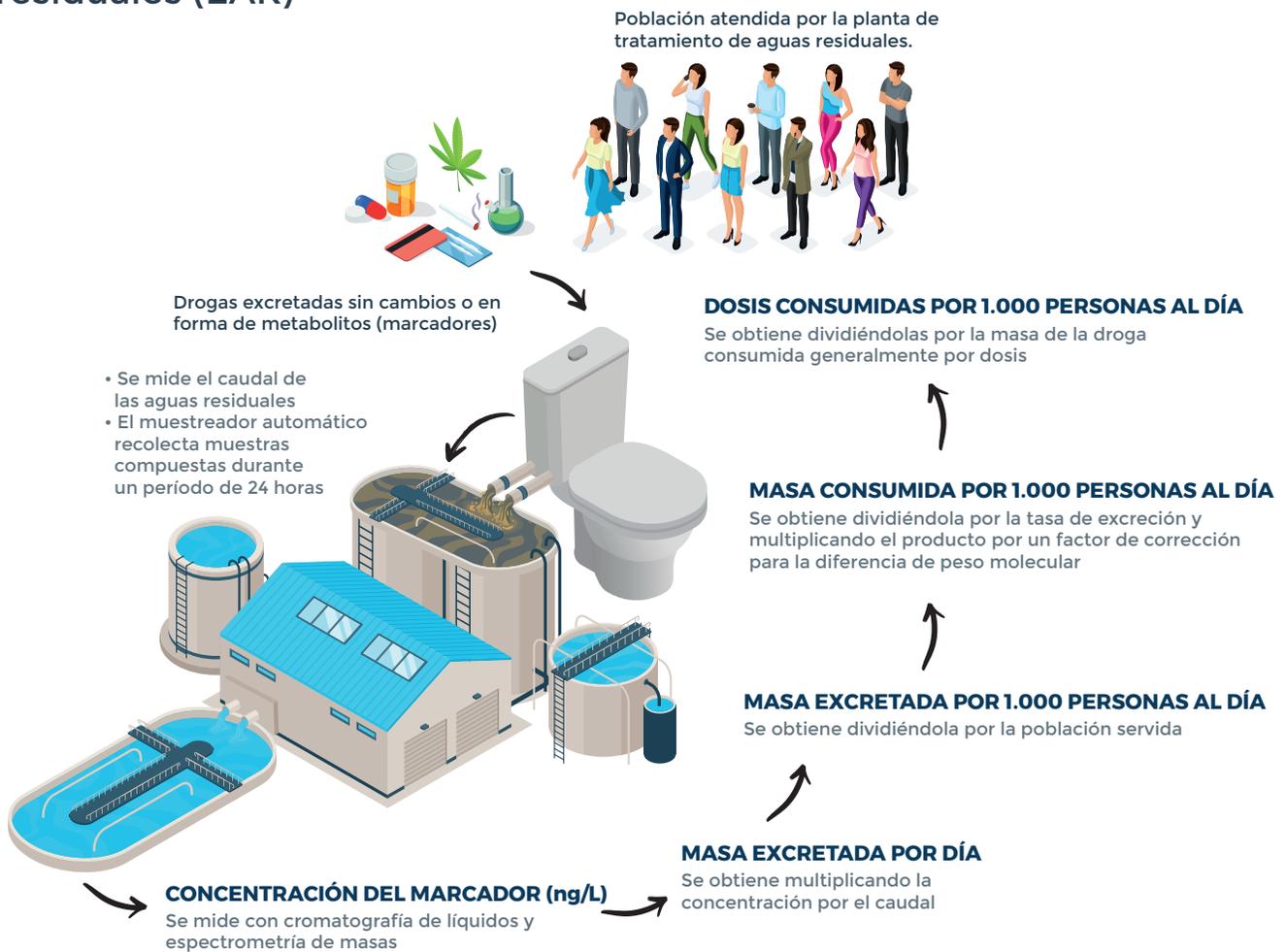
2.2. Infraestructura necesaria en la planta de tratamiento de aguas residuales para realizar estudios de EAR

Lo primero que se hace en la planta de tratamiento es un muestreo de las aguas residuales. Para eso se necesita acceso a un **punto de muestreo situado antes del tratamiento, que no sea el lugar de cribado o de remoción de arena**. A fin de realizar los cálculos necesarios para estimar el consumo de drogas, hay que medir continuamente el **caudal de las aguas residuales** en el punto de muestreo o cerca del mismo durante todo el tiempo en que se recolecten muestras. Hay dos métodos de muestreo: **muestreo compuesto y muestreo pasivo**.

¹⁷ Gunnar, T. y A. Kankaanpää (2019). *The practical implications of wastewater-based illicit drug epidemiology*. *Curr Opin Environ Sci Health* 9: 49-57.

¹⁸ Yargeau, V. y T. Werschler (2019). *Wastewater-based epidemiology as an input to national statistics on recreational drug use: A Canadian pilot study*. *Acs Sym Ser* 1319: 137-153.

Gráfico 2. Esquema del método de la epidemiología basada en aguas residuales (EAR)



En el muestreo compuesto, se recolectan aguas residuales sin tratar en forma de **muestra compuesta obtenida a lo largo de 24 horas** con una estrategia de muestreo proporcional al caudal o proporcional al volumen, en vez de una estrategia de muestreo proporcional al tiempo. Los intervalos de muestreo no deberían exceder de 10 minutos. Para cuencas de captación pequeñas o ubicaciones institucionales, como escuelas o cárceles, se recomiendan intervalos más cortos (por ejemplo, de un minuto) (Castiglioni et al. 2013). Esta recomendación forma parte también de las directrices de la red SCORE, en las que se sugiere recolectar 100 muestras pequeñas por día y combinarlas para obtener una muestra diaria representativa.¹⁹ Se necesitan estas estrategias de muestreo debido a las grandes fluctuaciones temporales de las concentraciones de drogas en las aguas residuales como consecuencia de las variaciones diurnas del caudal de las aguas residuales y de la carga de drogas (EMCDDA 2016). El uso de estrategias de muestreo inadecuadas podría causar artefactos de muestreo sustanciales, los cuales, a su vez, podrían conducir a una sobrestimación o subestimación del consumo de drogas (EMCDDA 2016).^{20, 21}

¹⁹ SCORE. (2022). *Bringing experts and knowledge about wastewater-based epidemiology together*. Consultado el 16 de octubre de 2022 en <https://score-network.eu>.

²⁰ Ort, C., M. G. Lawrence, J. Reungoat y J. F. Mueller (2010a). *Sampling for PPCPs in wastewater systems: comparison of different sampling modes and optimization strategies*. *Environ Sci Technol* 44(16): 6289-6296.

²¹ Ort, C., M. G. Lawrence, J. Rieckermann y A. Joss (2010b). *Sampling for pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and illicit drugs in wastewater systems: are your conclusions valid? A critical review*. *Environ Sci Technol* 44(16): 6024-6035.

En los protocolos elaborados en 2010 por el grupo SCORE se recomienda recolectar las muestras en recipientes de vidrio silanizado o tereftalato de polietileno y colocarlas en un aparato de muestreo refrigerado a 4 °C (EMCDDA 2016).

Aunque el muestreo compuesto es el método que más se usa, en algunos estudios se han usado **muestreadores pasivos**, como el muestreador integrador de productos químicos orgánicos polares (POCIS), para estimar la cantidad de drogas presente en aguas residuales sin tratar.^{22, 23} Los muestreadores pasivos son dispositivos que se colocan en el agua durante un período prolongado para permitir la acumulación de compuestos en el adsorbente del muestreador. Se usan junto con datos de calibración para estimar una concentración media ponderada en el tiempo del compuesto monitoreado en el agua. Estos muestreadores son fáciles de usar y no necesitan electricidad. La desventaja es que, como por lo general se despliegan durante un período prolongado, normalmente de unas dos semanas, la información que proveen es menos específica con respecto al momento en que se captaron los compuestos. El uso de muestreadores pasivos para estimar concentraciones en aguas residuales también requiere datos sobre la velocidad de muestreo en relación con cada compuesto monitoreado. La velocidad de muestreo calibrada debe corregirse para cada condición de la exposición, como temperatura y turbulencia, lo cual plantea algunas dificultades.²⁴

Después de la recolección, las muestras deben almacenarse en un refrigerador a 4 °C hasta que se las transporte al laboratorio o en un congelador a -20 °C si no se las procesará dentro de las 12 horas siguientes a la recolección. Si se congelan las muestras, hay que reducir el volumen de las aguas residuales en el recipiente para que el agua pueda expandirse al congelarse.

A fin de que se recopile sistemáticamente la información pertinente, los investigadores deberían usar un **cuestionario estandarizado** para describir la cuenca de captación, con información sobre el monitoreo (por ejemplo, tamaño de la población, exfiltración de aguas residuales y eventos especiales), y evaluar las condiciones de muestreo (por ejemplo, variaciones del caudal, modalidad de muestreo y frecuencia). Este cuestionario forma parte del material suplementario publicado en el artículo de Castiglioni et al. De 2013.

²² Yargeau, V., B. Taylor, H. X. Li, A. Rodayan y C. D. Metcalfe (2014). *Analysis of drugs of abuse in wastewater from two Canadian cities*. *Sci Total Environ* 487: 722-730.

²³ Hahn, R. Z., C. A. do Nascimento y R. Linden (2021). *Evaluation of illicit drug consumption by wastewater analysis using polar organic chemical integrative sampler as a monitoring tool*. *Front Chem* 9: 596875.

²⁴ Harman, C., I. J. Allan y E. L. Vermeirssen (2012). *Calibration and use of the Polar Organic Chemical Integrative Sampler - A critical review*. *Environ Toxicol Chem* 31(12): 2724-2738.

2.3. Infraestructura de laboratorio requerida para realizar estudios de EAR

En el gráfico 3 se resume el proceso que se debe seguir cuando se reciben las muestras en el laboratorio. La infraestructura que se necesita en el laboratorio consiste en lo siguiente:

- **Espacio en un refrigerador (a 4 °C) o en un congelador (a -20 °C)** para almacenar muestras si no se las analiza dentro de las 12 horas siguientes a su recolección (Castiglioni et al. 2013).
 - Se usan las normas internas para cuantificar toda degradación que se haya producido durante el almacenamiento, la recuperación durante la extracción y los efectos matriciales durante el análisis. Ahora es común marcar la matriz de muestreo antes de la extracción y el análisis con una sustancia análoga de cada compuesto monitoreado etiquetada con isótopos estables (es decir, compuestos etiquetados con deuterio o ¹³C o con ambos) a fin de obtener datos cuantitativos más exactos (EMCDDA 2016).
- **Equipo de filtración** para extraer los sólidos suspendidos en las muestras de aguas residuales sin tratar y un **sistema de extracción en fase sólida (SPE)**: se pueden usar diversos adsorbentes para extracción en fase sólida a fin de optimizar la extracción de distintos analitos. Se han usado otros métodos, como la extracción en fase sólida en línea (Postigo et al. 2008) y la inyección directa en gran volumen, con el fin de automatizar o agilizar la preparación de muestras antes del análisis.²⁵
- **Instrumentos analíticos**: la técnica preferida para analizar drogas en una matriz de aguas residuales es la cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas (Castiglioni et al., 2013). Se pueden hacer separaciones cromatográficas con un cromatógrafo de líquidos de alta presión o de ultrapresión. Se han usado distintos instrumentos de espectrometría de masas para determinar las concentraciones de drogas en aguas residuales, como espectrometría de masas en cascada, espectrometría de masas de tiempo de vuelo y espectrometría de masas de alta resolución con un espectrómetro de masas Orbitrap. El sistema analítico debe ser capaz de detectar residuos de los analitos en las aguas residuales sin tratar, es decir, en concentraciones de pocas partes por billón (ng/L). Cabe señalar que la compleja matriz de aguas residuales sin tratar reduce la sensibilidad de los instrumentos.

²⁵ Berset, J. D., R. Brenneisen y C. Mathieu (2010). *Analysis of Illicit and illicit drugs in waste, surface and lake water samples using large volume direct injection high performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS)*. *Chemosphere* 81(7): 859-866.

Además del equipo antedicho, es esencial contar con **químicos analíticos calificados** para preparar las muestras de forma rigurosa, desarrollar y validar los métodos analíticos necesarios para cada biomarcador, usar el instrumento analítico y analizar los datos de los análisis. Es difícil cuantificar los residuos de las drogas objetivo, en vista de sus bajas concentraciones (ng/L) y la complejidad de las matrices de aguas residuales sin tratar, que pueden menoscabar la sensibilidad y la fiabilidad.

Gráfico 3. Esquema de la preparación y el análisis de las muestras en el laboratorio



Fuente: Fotos de equipo provenientes de antiteck.com y emdmillipore.com.

2.4. Información necesaria para interpretar los resultados de los estudios de EAR

Para hacer retroproyecciones con el propósito de estimar el consumo de drogas se necesitan datos farmacocinéticos a fin de determinar el porcentaje de la dosis de la droga objetivo o su metabolito que se excreta en la orina. Además, hay que aplicar un factor de corrección para tener en cuenta la relación de masa molecular de la droga original con el metabolito cuando la droga original no es el marcador objetivo (Zuccato et al. 2008). En diversos estudios se han usado distintos factores de corrección para determinar los datos y las diferencias en las tasas de excreción entre los distintos métodos de dosificación (por ejemplo, oral, inyección e insuflación nasal). Todavía es necesario armonizar y estandarizar el método utilizado para realizar esta parte de los cálculos.²⁶ En consecuencia, en algunos estudios se notifica solo la carga (es decir, mg/día/1.000 personas) de la droga objetivo medida, y no se trata de estimar el consumo de drogas en términos de dosis (es decir, dosis/día/1.000 personas).

²⁶ Reedman, L. y A. Brennan. (2019). *Estimating cannabis consumption using markers in wastewater: Methodological paper*. Consultado el 16 de enero de 2022 en <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/catalogue/13-605-X201900100006>.

Los cálculos para estimar el consumo también requieren información sobre el **tamaño de la población** servida por la planta de tratamiento. Los métodos más comunes se basan en colecciones de datos censales o análisis de parámetros hidroquímicos en aguas residuales.²⁷ En los casos en que haya gran incertidumbre con respecto al caudal, es preferible hacer estimaciones del tamaño de la población basadas en parámetros de aguas residuales.^{28, 29} Se pueden usar parámetros tales como la demanda de oxígeno biológico, la demanda de oxígeno químico y los niveles de nitrógeno y fósforo como parámetros hidroquímicos para estimar el tamaño de la población. Los investigadores también han puesto a prueba la exactitud de los datos sobre las concentraciones de amoníaco en las aguas residuales.³⁰ Hay otros métodos para obtener estimaciones más fiables del tamaño de la población usando sustancias excretadas específicas, como creatinina, cotinina, productos farmacéuticos, coprostanol y hormonas como marcadores antrópicos (EMCDDA 2016).³¹ En las ciudades donde hay un gran número de personas que viajan a diario de su domicilio al trabajo, hay que tener en cuenta el número de personas que están ausentes de la población durante el día o durante la noche al estimar el tamaño de la población sobre la base de datos censales.

2.5. Resumen de las mejores prácticas de EAR para monitorear el consumo de drogas

En las secciones precedentes se explicaron de manera detallada la infraestructura necesaria y las mejores prácticas para realizar estudios de EAR. En el cuadro 2 se resumen los requisitos y las mejores prácticas abordados en las secciones precedentes.

²⁷ de Campos, E. G., E. C. P. De Martinis y B. S. De Martinis (2022). *Forensic analysis of illicit drugs and novel psychoactive substances in wastewater a review of toxicological, chemical and microbiological aspects*. *Braz J Anal Chem* 9(34): 15-34.

²⁸ Lai, F. Y., C. Ort, C. Gartner, S. Carter, J. Prichard, P. Kirkbride, R. Bruno, W. Hall, G. Eaglesham y J. F. Mueller (2011). *Refining the estimation of illicit drug consumptions from wastewater analysis: co-analysis of prescription pharmaceuticals and uncertainty assessment*. *Water Res* 45(15): 4437-4448.

²⁹ O'Brien, J. W., P. K. Thai, G. Eaglesham, C. Ort, A. Scheidegger, S. Carter, F. Y. Lai y J. F. Mueller (2014). *A model to estimate the population contributing to the wastewater using samples collected on census day*. *Environ Sci Technol* 48(1): 517-525

³⁰ Been, F., L. Rossi, C. Ort, S. Rudaz, O. Delemont y P. Esseiva (2014). *Population normalization with ammonium in wastewater-based epidemiology: application to illicit drug monitoring*. *Environ Sci Technol* 48(14): 8162-8169

³¹ Daughton, C. G. (2012). *Real-time estimation of small-area populations with human biomarkers in sewage*. *Sci Total Environ* 414: 6-21.

Cuadro 2. Resumen de los requisitos y las mejores prácticas de las diferentes fases de un estudio de EAR para estimar el consumo de drogas

Fase del estudio	Requisitos y mejores prácticas
Planificación	<p>Definir objetivos claros para el estudio</p> <p>Indicar las partes interesadas y las consideraciones éticas</p> <p>Obtener las aprobaciones necesarias</p> <p>Seleccionar marcadores apropiados</p>
Muestreo	<p><i>Punto de muestreo:</i> aguas residuales afluentes (antes del tratamiento), con monitoreo del caudal.</p> <p><i>Modalidad de muestreo:</i> muestras compuestas recolectadas a lo largo de un período de 24 horas por medio de muestreo proporcional al caudal o proporcional al volumen, o proporcional al tiempo cuando haya solo variaciones pequeñas del caudal. Muestras recolectadas en un muestreador a 4 °C. Se pueden usar muestreadores pasivos (por ejemplo, POCIS) si hay datos sobre la velocidad de muestreo.</p> <p><i>Frecuencia de muestreo:</i> depende de las concentraciones de marcadores y del tamaño de la cuenca de captación, pero por lo general se realiza con intervalos de menos de 10 minutos.</p> <p><i>Recipiente para la muestras:</i> de vidrio silanizado o tereftalato de polietileno</p> <p><i>Almacenamiento después de la recolección:</i> las muestras deben almacenarse a 4 °C si se las procesará dentro de las 12 horas siguientes; de lo contrario se las debe congelar (a -20 °C) inmediatamente después de la recolección.</p> <p><i>Recopilación de datos pertinentes:</i> disposición de los colectores de alcantarillas, datos de caudal, cambios desacostumbrados en la red de alcantarillado, eventos especiales, tipo de afluente y otros parámetros convencionales o calidad de las aguas residuales, temperatura y pH.</p>
Análisis	<p><i>Preparación de las muestras:</i> etiquetadas con isótopos estables, uso de normas internas.</p> <p><i>Calidad del análisis:</i> uso de controles de calidad, determinación de los límites para la detección y la cuantificación. Idealmente, participación en un estudio interlaboratorios para determinar el desempeño del laboratorio.</p> <p><i>Químicos analíticos calificados:</i> para desarrollar y validar el método, usar el instrumento y analizar los datos.</p>
Interpretación	<p><i>Retropolaciones del consumo:</i> recopilación de información sobre las tasas de excreción y factores de corrección para los marcadores seleccionados.</p> <p><i>Estimaciones del tamaño de la población:</i> recopilación de datos para obtener estimaciones a partir de parámetros hidroquímicos o datos censales.</p>



CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA EAR

Con la proliferación de los usos de la EAR se ha intensificado también el debate acerca de los aspectos éticos del uso de las aguas residuales para monitorear la salud de la población o el consumo de drogas. Hasta hace poco, el uso de la EAR no planteaba cuestiones éticas notables, ya que no se identificaba a personas con este método y los resultados pueden ayudar a mejorar la salud pública.³² Los resultados pueden dar lugar a un mayor estigma de grupos en situación de vulnerabilidad. La notificación del consumo de drogas en determinados distritos podría aumentar la discriminación contra poblaciones de esa zona o inducir cambios en las estrategias de vigilancia policial que afecten a la comunidad.³³ Por lo tanto, se necesita proceder con cierto grado de cautela al presentar y difundir resultados. Estos riesgos son incluso mayores cuando los resultados de un estudio de EAR corresponden a un lugar específico (por ejemplo, escuelas, cárceles, lugares de trabajo, comunidades indígenas o raciales, o eventos).

A fin de reducir al mínimo los riesgos de consecuencias negativas para los grupos en situación de vulnerabilidad y seguir desarrollando las mejores prácticas en el campo de la EAR, los investigadores han comenzado a formular directrices para promover una cultura ética en los equipos de investigadores o al usar la EAR como herramienta de vigilancia de la salud pública, especialmente en el contexto del monitoreo de la COVID-19 basado en aguas residuales (CWN 2020).^{34, 35} Estas directrices deberían tenerse en cuenta además de las leyes y las normas vigentes y de los protocolos de investigación utilizados en las instituciones de investigación.

La mayoría de las estrategias de mitigación relacionadas con la ética de la investigación deben seleccionarse y aplicarse durante la fase de planificación de un estudio de EAR. En el diseño del estudio se debe tener en cuenta la forma en que podrían interpretarse las conclusiones en el contexto sociopolítico del estudio, determinar la necesidad de anonimizar los datos y formular un plan de comunicación basado en estos factores. En algunas instituciones de investigación podría ser necesario también obtener la aprobación de un comité de ética de la investigación con seres humanos, especialmente para estudios que se realicen en lugares específicos. Conocer y comprender las expectativas de las distintas partes interesadas en el estudio también puede facilitar la gestión de los riesgos para la ética y la búsqueda de medidas de mitigación.

³² Hall, W., J. Prichard, P. Kirkbride, R. Bruno, P. K. Thai, C. Gartner, F. Y. Lai, C. Ort y J. F. Mueller (2012). *An analysis of ethical issues in using wastewater analysis to monitor illicit drug use*. *Addiction* 107(10): 1767-1773.

³³ Prichard, J., W. Hall, P. de Voogt y E. Zuccato (2014). *Sewage epidemiology and illicit drug research: the development of ethical research guidelines*. *Sci Total Environ* 472: 550-555.

³⁴ Prichard, J., W. Hall, E. Zuccato, P. De Voogt, N. Voulvoulis, K. Kummerer, B. Kasprzyk, A. Barbato, A. Parabiaghi, F. Hernandez, J. van Wel, K. V. Thomas, K. Fent, M. Mardal y S. Castiglioni (2016). *Ethical research guidelines for wastewater-based epidemiology and related fields*. S. Network.

³⁵ EMCDDA. (2022). *Wastewater analysis and drugs – a European multi-city study*. *Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías, Lisboa, Portugal*. Consultado el 16 de octubre de 2022 en https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en#section4.



PANORAMA DE LOS ESTUDIOS DE EAR REALIZADOS EN LAS AMÉRICAS

En el cuadro 3 se resumen los estudios de EAR realizados en Estados Miembros de la OEA para monitorear el consumo de drogas. No se incluyen los estudios de EAR realizados en otros países o con el fin de monitorear otros indicadores de la salud de la población.

Cuadro 3. Estudios de EAR publicados realizados en Estados Miembros de la OEA, 2008-2022

Barbados (1 estudio)

Estudio 1 - Barbados

Referencia

Edwards, Q. A., T. Sultana, S. M. Kulikov, L. D. Garner-O'Neale, V. Yargeau y C. D. Metcalfe (2018). Contaminants of emerging concern in wastewaters in Barbados, West Indies. *B Environ Contam Tox* 101(1): 1-6.

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Anfetamina, metanfetamina, cocaína, *benzoilecgonina*, MDMA, MDA, morfina, metadona, *EDDP*, codeína, tramadol, oxycodona, ketamina, fentanilo

Principales conclusiones

- Se detectaron 16 drogas en las aguas residuales.
- Los niveles de anfetamina y metanfetamina fueron inferiores al límite de cuantificación e indican un bajo consumo de estas drogas en Barbados.
- Las mayores concentraciones correspondieron a cocaína, MDA y MDMA.
- No se pudo estimar el consumo de drogas debido al uso de muestras tomadas al azar y a la falta de información sobre el tamaño de la población y el caudal de las aguas residuales.

Brasil (10 estudios)

Estudio 1 - Brasil

Referencia

da Silva, K. M., J. B. Quintana, I. Gonzalez-Marino, R. Rodil, A. D. Gallassi, L. C. Arantes y F. F. Sodre (2018). Assessing cocaine use patterns in the Brazilian capital by wastewater-based epidemiology. *Int J Environ an Ch* 98(15): 1370-1387

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*, cocaetileno

Principales conclusiones

- Se notificó una relación cocaína/benzoilecgonina diferente, posiblemente vinculada al consumo combinado de alcohol y cocaína, que disminuyó la excreción de benzoilecgonina.
- Se comprobó que se necesita un muestreador automático refrigerado, especialmente en climas cálidos.
- Una comparación de los resultados con los datos sobre incautaciones de drogas parece indicar que se incautó solo el 3% de la cocaína durante el período de duración del estudio.

Estudio 2 - Brasil

Referencia

de Campos, E. G., E. C. P. De Martinis y B. S. De Martinis (2022). Forensic analysis of illicit drugs and novel psychoactive substances in wastewater a review of toxicological, chemical and microbiological aspects. *Braz J Anal Chem* 9(34): 15-34

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Documento de análisis

Principales conclusiones

- Análisis de los aspectos forenses, toxicológicos, químicos y microbiológicos del monitoreo de drogas comunes y nuevas sustancias psicoactivas (NSP) en las aguas residuales.

Estudio 3 - Brasil

Referencia

Ferreira, A. P. (2019). Drugs of abuse and metabolites in urban wastewater: A case study, Rio De Janeiro municipality, Brazil. *World J Avd Res Rev* 9(4): 14-19

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, cannabis

Principales conclusiones

- Las concentraciones fueron similares a las observadas en datos de Colombia y Europa, pero menores que las encontradas en otro estudio brasileño.
- Puso de relieve los posibles efectos ambientales de estas drogas.

Estudio 4 - Brasil

Referencia

Ferreira, A. P. (2020). Illicit drugs in wastewater treatment plants utilization of wastewater-based epidemiology in a Brazilian regional city. *World J Avd Res Rev* 06(01): 006-018

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Cuatro (4) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*, amfetamina, metanfetamina, cannabis (THC-COOH)

Principales conclusiones

- La droga más consumida era la cocaína.
- Aportó pruebas adicionales de las particularidades geográficas de la zona abarcada en el estudio.
- Puso de relieve los posibles efectos ambientales de estas drogas.

Estudio 5 - Brasil

Referencia

Ferreira, A. P. y M. J. Cruz-Hernández (2022). Plantas de tratamiento de aguas residuales: Estimación del consumo de drogas ilícitas en la zona oeste, Rio de Janeiro. Revista Eletrônica Acervo Saúde 15(2): 1-9

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Tres (3) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Anfetamina, metanfetamina, MDMA, cannabis (THC-COOH), cocaína

Principales conclusiones

- Puso de relieve la falta de homogeneidad del consumo de drogas en la zona abarcada en el estudio.

Estudio 6 - Brasil

Referencia

Hahn, R. Z., M. F. Bastiani, L. D. F. Lizot, I. C. D. Moreira, Y. F. Meireles, A. Schneider, C. A. do Nascimento y R. Linden (2021). Determination of a comprehensive set of drugs of abuse, metabolites, and human biomarkers in wastewater using passive sampling followed by UHPLC-MS/MS analysis. Microchem J 172: 106960

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Una (1) planta de tratamiento de aguas residuales
- Cotinina, cafeína, *OH COT*, MDA, cocaína, benzoilecgonina, AEME, anfetamina, metanfetamina, MDMA, *THC-COOH*

Principales conclusiones

- Se notificó la detección de estas drogas durante 392 días consecutivos de monitoreo con muestreadores POCIS.
- Las mayores concentraciones correspondieron a cafeína, benzoilecgonina y 11 nor 9 carboxi- Δ^9 -THC.
- Fue el primer estudio en incluir todas las drogas prioritarias de la red SCORE en un estudio de EAR en el que se usó una estrategia de muestreo con POCIS.

Estudio 7 - Brasil

Referencia

Hahn, R. Z., C. A. do Nascimento y R. Linden (2021). Evaluation of illicit drug consumption by wastewater analysis using polar organic chemical integrative sampler as a monitoring tool. Front Chem 9: 596875

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Documento de análisis

Principales conclusiones

- Análisis del uso de POCIS para el monitoreo de drogas en aguas residuales, así como de compuestos, marcadores, tasas de excreción y factores de corrección.

Estudio 8 - Brasil

Referencia

Maldaner, A. O., L. L. Schmidt, M. A. F. Locatelli, W. F. Jardim, F. F. Sodre, F. V. Almeida, C. E. B. Pereira y C. M. Silva (2012). Estimating cocaine consumption in the Brazilian Federal District (FD) by sewage analysis. *J Brazil Chem Soc* 23(5): 861-867

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Seis (6) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*

Principales conclusiones

- Primer caso notificado de presencia de cocaína y su metabolito en aguas residuales en Brasil.
- Se evaluó el efecto de la pureza de las drogas al estimar el consumo.
- Mostró que, en la mayoría de los países en desarrollo, la falta de saneamiento o el enfoque descentralizado del tratamiento de las aguas residuales pueden obstaculizar el uso de la EAR, porque el servicio de alcantarillado suele abarcar solo una parte pequeña de una población dada, por lo general de vecindarios de ingresos más altos.

Estudio 9 - Brasil

Referencia

Sodré, F. F., R. S. Feitosa, W. F. Jardim y A. O. Maldaner (2018). Wastewater-based epidemiology of cocaine in the Brazilian Federal District: Spatial distribution, weekly variation and sample preservation strategies. *J Brazil Chem Soc* 29(11): 2287-2298

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Ocho (8) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*

Principales conclusiones

- Los resultados mostraron diferencias entre regiones en lo que se refiere al consumo, así como un consumo mayor los fines de semana.
- Se observó que, antes de transportar las muestras, hay que acidificarlas a un pH de 2.0.

Estudio 10 - Brasil

Referencia

Sodré, F. F., D. d. J. Soares Freire, D. Barbosa Alcântara y A. O. Maldaner (2022). Understanding illicit drug use trends during the carnival holiday in the Brazilian capital through wastewater analysis. *Front Anal Sci* 2: 930480.

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- *THC-COOH*, cocaína, *benzoilecgonina*, cocaetileno

Principales conclusiones

- Se notificó un mayor consumo de cocaína durante el carnaval y un mayor consumo de cannabis durante el feriado.
- Se observó un consumo inusualmente bajo justo después del feriado de carnaval, posiblemente vinculado a una menor demanda o a problemas de la oferta.
- Primera investigación basada en EAR del consumo de cannabis en Brasil.

Canadá (3 estudios)

Estudio 1 - Canadá

Referencia

Metcalfe, C., K. Tindale, H. Li, A. Rodayan y V. Yargeau (2020). Illicit drugs in Canadian municipal wastewater and estimates of community drug use. *Environ Pollut* 158(10):3179-3185

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Tres (3) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, benzoilecgonina, anfetamina, metanfetamina, MDMA, MDA

Principales conclusiones

- La cocaína era la droga ilícita que más se consumía en las tres ciudades.
- El mayor consumo de metanfetamina se observó en la ciudad más grande, y el menor consumo de cocaína se observó en la ciudad más pequeña.

Estudio 2 - Canadá

Referencia

Yargeau, V., B. Taylor, H. X. Li, A. Rodayan y C. D. Metcalfe (2014). Analysis of drugs of abuse in wastewater from two Canadian cities. *Sci Total Environ* 487: 722-730

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*, anfetamina, metanfetamina, MDA, MDMA, efedrina, *THC COOH*, 6-MAM, ketamina, fentanilo, morfina, 6 *acetilmorfina*, metadona, *EDDP*, heroína, *acetilcodeína*, *dihidrocodeína*, codeína, tramadol, oxycodona

Principales conclusiones

- Se encontraron diferencias entre una comunidad pequeña y un gran centro urbano.
- Se demostró el posible uso del muestreador integrador de productos químicos orgánicos polares (POCIS) como herramienta de monitoreo.
- La droga que más se usaba era la cocaína.
- El consumo de anfetamina, efedrina, metanfetamina y cocaína era mayor en el gran centro urbano, pero se consumía más oxycodona en la ciudad más pequeña.
- El consumo de MDMA llegaba a su nivel máximo los fines de semana.
- Primer caso notificado de consumo de ketamina en América del Norte.

Estudio 3 - Canadá

Referencia

Yargeau, V. y T. Werschler (2019). Wastewater-based epidemiology as an input to national statistics on recreational drug use: A Canadian pilot study. *Acs Sym Ser* 1319: 137-153.

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Quince (15) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, *benzoilecgonina*, anfetamina, metanfetamina, MDMA, *THC-COOH*, 6-MAM, ketamina, fentanilo, morfina, heroína, *acetilcodeína*, codeína

Principales conclusiones

- Se notificaron diferencias en el consumo que por lo general no se prevén a nivel de la población.
- Se observaron grandes diferencias en el consumo entre ciudades de todo el país.
- Se comprobó la sensibilidad de los resultados a la tasa de excreción aplicada.
- Se recomendó un enfoque multidisciplinario que incluya a estadísticos.
- Primer estudio del consumo de fentanilo en el que se usó la EAR.

Colombia (3 estudios)

Estudio 1 - Colombia

Referencia

Bijlsma, L., A. M. Botero-Coy, R. J. Rincon, G. A. Penuela y F. Hernandez (2016). Estimation of illicit drug use in the main cities of Colombia by means of urban wastewater analysis. *Sci Total Environ* 565: 984-993

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, cannabis, anfetamina, metanfetamina, MDMA, heroína, ketamina

Principales conclusiones

- Primer estudio de EAR en Colombia.
- Se observó un consumo elevado de cocaína y un consumo bajo de cannabis, MDMA y ketamina. No se detectaron residuos de 6 MAM (heroína), metanfetamina y anfetamina.
- Las estimaciones concordaban en su mayor parte con la información obtenida por medios convencionales.
- Respaldo la necesidad de un control adecuado de la calidad y de comparaciones entre laboratorios.

Estudio 2 - Colombia

Referencia

Botero-Coy, A. M. (2016). Applications of LC-MS/MS in the determination of pesticide residues and drugs of abuse in samples from Latin America. Emphasis on the analytic problem of glyphosate. Tesis doctoral, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales de Colombia, pero la tesis abarca también dos ciudades de España
- Cocaína, *benzoilecgonina*, anfetamina, metanfetamina, *THC COOH*, ketamina, *6-MAM*, *MDMA*

Principales conclusiones

- La cocaína y la benzoilecgonina eran las drogas que más se usaban, seguidas del cannabis.
- Se hicieron varias comparaciones con el consumo en ciudades europeas.

Estudio 3 - Colombia

Referencia

Gonzalez-Marino et al. (2020). Spatio-temporal assessment of illicit drug use at large scale: evidence from seven years of international wastewater monitoring. *Addiction* 115(5): 994-996

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales de Colombia, pero el artículo incluye 143 plantas de tratamiento
- Anfetamina, metanfetamina, MDMA, *benzoilecgonina*, *THC COOH*

Principales conclusiones

- Pocas pruebas de consumo de metanfetamina en Colombia.
- Varias comparaciones entre ciudades durante los siete años que duró el estudio.
- Las estimaciones del consumo de drogas basadas en la EAR concuerdan en general con los datos sobre prevalencia e incautaciones.

Costa Rica (1 estudio)

Estudio 1 - Costa Rica

Referencia

Causanilles, A., C. Ruepert, M. Ibanez, E. Emke, F. Hernandez y P. de Voogt (2017). Occurrence and fate of illicit drugs and pharmaceuticals in wastewater from two wastewater treatment plants in Costa Rica. *Sci Total Environ* 599: 98-107

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- *Cocaína*, *benzoilecgonina*, *THC*, *THC-COOH*, *OH-THC*, codeína, morfina, 6 MAM, MDMA, anfetamina, metanfetamina, oxazepam, diazepam, temazepam, nordazepam

Principales conclusiones

- Primer uso de la EAR en América Central.
- La cocaína y el cannabis eran las drogas que más se usaban.
- Se observó una presencia moderada de opioides, codeína, y morfina.
- No se detectaron sustancias psicoactivas comunes (fenetilaminas sintéticas tales como anfetamina, metanfetamina, MDMA [éxtasis] y benzodiazepinas).

México (1 estudio)

Estudio 1 - México

Referencia

Cruz-Cruz, C., V. Yargeau, D. Vidana-Perez, A. Schilmann, M. A. Pineda, M. Lobato, M. Hernandez-Avila, J. A. Villatoro y T. Barrientos-Gutierrez (2021). Opioids, stimulants, and depressant drugs in fifteen Mexican cities: A wastewater-based epidemiological study. *Intern J Drug Policy* 88

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Quince (15) plantas de tratamiento de aguas residuales de distintas ciudades mexicanas
- Anfetamina, metanfetamina, MDMA, ketamina, *THC-COOH*, 6-MAM, norfentanilo, *benzoilecgonina*

Principales conclusiones

- Se observó una mayor presencia de drogas en rutas de narcotráfico conocidas.
- Primeros casos notificados de presencia de fentanilo, norfentanilo y ketamina en aguas residuales de México.
- Los mayores niveles de drogas correspondieron a cannabis, metanfetamina y cocaína.
- Los niveles más altos de metanfetamina y anfetamina se observaron en ciudades cercanas a la frontera de Estados Unidos.
- Los fines de semana, el consumo de heroína, MDMA, ketamina y fentanilo era mayor, pero el de cannabis cocaína y anfetamina permanecía constante.

Estados Unidos (15 estudios)

Estudio 1 - Estados Unidos

Referencia

Banta-Green, C. J., J. A. Field, A. C. Chiaia, D. L. Sudakin, L. Power y L. de Montigny (2009). The spatial epidemiology of cocaine, methamphetamine and 3,4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA) use: a demonstration using a population measure of community drug load derived from municipal wastewater. *Addiction* 104(11): 1874-1880.

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- 96 municipios
- *Benzoilecgonina*, metanfetamina, MDMA

Principales conclusiones

- Mayor carga en zonas urbanas; en cantidades no detectables en muchas zonas rurales.
- Había metanfetamina en todos los municipios.
- Se encontraron niveles cuantificables de MDMA en menos de la mitad de las comunidades.

Estudio 2 - Estados Unidos

Referencia

Bishop, N., T. Jones-Lepp, M. Margetts, J. Sykes, D. Alvarez y D. E. Keil (2020). Wastewater-based epidemiology pilot study to examine drug use in the Western United States. *Sci Total Environ* 745: 140697

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) poblaciones
- Anfetamina, metanfetamina, MDA, MDMA, morfina, *6 MAM*, metadona, *EDDP*, codeína, *benzoilecgonina*, hidrocodona, hidromorfona, oxicodona, *noroxicodona*, ketamina, fluoxetina, tramadol, ácido ritalínico

Principales conclusiones

- Se encontraron sistemáticamente concentraciones detectables; estaban presentes en ambos sitios.
- La pequeña comunidad urbana presentó tasas más elevadas de excreción colectiva que la comunidad rural, excepto de anfetamina y metanfetamina.

Estudio 3 - Estados Unidos

Referencia

Brewer, A. J., C. J. Banta-Green, C. Ort, A. E. Robel y J. Field (2016). Wastewater testing compared with random urinalyses for the surveillance of illicit drug use in prisons. *Drug Alcohol Rev* 35(2): 133-137

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Una (1) cárcel
- Metanfetamina, cocaína, *benzoilecgonina*

Principales conclusiones

- Se observó metanfetamina en todas las muestras de aguas residuales de la cárcel.
- Las cantidades de cocaína y benzoilecgonina eran inferiores al límite para la cuantificación.

Estudio 4 - Estados Unidos

Referencia

Burgard, D. A., R. Fuller, B. Becker, R. Ferrell y M. J. Dinglasan-Panlilio (2013). Potential trends in Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) drug use on a college campus: wastewater analysis of amphetamine and ritalinic acid. *Sci Total Environ* 450-451: 242-249

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Un (1) establecimiento escolar
- Compuestos anfetamínicos Adderall (sales mixtas de anfetamina) y Ritalin (metilfenidato)

Principales conclusiones

- Se observó una correlación entre el consumo de anfetaminas y períodos de estrés académico.

Estudio 5 - Estados Unidos

Referencia

Chiaia, A. C., C. Banta-Green y J. Field (2008). Eliminating solid phase extraction with large-volume injection LC/MS/MS: analysis of illicit and legal drugs and human urine indicators in U.S. wastewaters. *Environ Sci Technol* 42(23): 8841-8848

Marcadores y número de sitios monitoreados (los metabolitos se indican en letra cursiva)

- Siete (7) municipios
- MDMA, MDA, anfetamina, metanfetamina, cocaína, *benzoilecgonina*, oxicodona, hidrocodona, metadona, PCP, LSD, flunitrazepam, cafeína, cotinina, efedrina, creatina

Principales conclusiones

- Las mayores concentraciones y cargas fueron de metanfetamina.
- Las concentraciones de cocaína fueron similares a las de lugares europeos.
- Se propuso el uso de creatinina como indicador del tamaño de la población.

Estudio 6 - Estados Unidos

Referencia

Croft, T. L., R. A. Huffines, M. Pathak y B. Subedi (2020). Prevalence of illicit and prescribed neuropsychiatric drugs in three communities in Kentucky using wastewater-based epidemiology and Monte Carlo simulation for the estimation of associated uncertainties. *J Hazard Mater* 384: 121306

Marcadores y número de sitios monitoreados (los metabolitos se indican en letra cursiva)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, anfetamina, metanfetamina, heroína, morfina, metadona, MDMA, MDEA, MDA, THC, metilfenidato, codeína, fentanilo, oxicodona, hidrocodona, hidromorfona, buprenorfina, quetiapina, aripiprazol, lorazepam, alprazolam, diazepam, oxazepam, temazepam, carbamazepina, sertralina, fluoxetina, venlafaxina, citalopram

Principales conclusiones

- Se usó la simulación de Monte Carlo para tener en cuenta varias incertidumbres y errores de propagación.
- Se observó una prevalencia más elevada de cocaína en el centro (la zona comercial); las tasas de consumo de anfetamina y metanfetamina eran más altas en una comunidad rural.
- Las estimaciones del consumo fueron mayores que las cantidades recetadas de buprenorfina, oxicodona y alprazolam.

Estudio 7 - Estados Unidos

Referencia

Duvallet, C., B. D. Hayes, T. B. Erickson, P. R. Chai y M. Matus (2020). Mapping Community Opioid Exposure Through Wastewater-Based Epidemiology as a Means to Engage Pharmacies in Harm Reduction Efforts. *Prev Chronic Dis* 17: E91

Marcadores y número de sitios monitoreados (los metabolitos se indican en letra cursiva)

- Diez (10) bocas de inspección de zonas residenciales
- Metabolitos de opioides (no se indicaron)

Principales conclusiones

- Se hizo una correlación de los resultados, que ofreció información útil a las partes interesadas que participaban en la respuesta a los opioides (funcionarios de salud pública, farmacias, etc.).

Estudio 8 - Estados Unidos

Referencia

Foppe, K. S., D. R. Hammond-Weinberger y B. Subedi (2018). *Estimation of the consumption of illicit drugs during special events in two communities in Western Kentucky, USA using sewage epidemiology. Sci Total Environ* 633: 249-256.

Marcadores y número de sitios monitoreados (los metabolitos se indican en letra cursiva)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Muestreo durante una semana normal y eventos especiales (por ejemplo, feriados)
- Cocaína (benzoilecgonina, norcocaína, cocaetileno), anfetamina, heroína (6 MAM), morfina, metadona (EDDP), MDMA, MDEA, MDA, THC (THCA, OH-THC)

Principales conclusiones

- Diferencias en el consumo entre dos comunidades de tamaño similar.
- El consumo de cocaína era similar al estimado con métodos convencionales, pero el consumo de anfetamina y metanfetamina era el doble del estimado con métodos convencionales.
- Se hicieron varias comparaciones entre comunidades y con las publicaciones sobre el tema.

Estudio 9 - Estados Unidos

Referencia

Gerrity, D., R. A. Trenholm y S. A. Snyder (2011). Temporal variability of pharmaceuticals and illicit drugs in wastewater and the effects of a major sporting event. *Water Res* 45(17): 5399-5411

Marcadores y número de sitios monitoreados (los metabolitos se indican en letra cursiva)

- Una (1) planta de tratamiento de aguas residuales
- Muestreo durante días normales y durante el Super Bowl
- Metanfetamina, anfetamina; cocaína, ecgonina, éster metílico de la ecgonina, benzoilecgonina, norcocaína; MDMA, MDA, heroína, 6-MAM, morfina, THC, THC COOH (incluye también algunos productos farmacéuticos y posibles perturbadores endocrinos)

Principales conclusiones

- No se encontraron indicios de un efecto importante del Super Bowl en la carga o el índice de carga de muchos de los compuestos.
- Parece indicar que el consumo de cocaína fue elevado durante el Super Bowl, pero el consumo de metanfetamina fue un poco menor.
- Se señaló que se necesitaba una base de datos más completa de la variabilidad temporal "normal" para evaluar el efecto de los eventos.
- Aportó información sobre remociones durante el tratamiento, además de la EAR.

Estudio 10 - Estados Unidos

Referencia

Gushgari, A. J., E. M. Driver, J. C. Steele y R. U. Halden (2018). Tracking narcotics consumption at a Southwestern U.S. university campus by wastewater-based epidemiology. *J Hazard Mater J* 359: 437-444.

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Un (1) campus universitario
- *Morfina, codeína, oxicodona, heroína, fentanilo, metadona, buprenorfina, anfetamina, metilfenidato, alprazolam, cocaína, MDMA*

Principales conclusiones

- Se notificó el consumo promedio clasificado: heroína > cocaína > anfetamina > metilfenidato > metadona > oxicodona > alprazolam > MDMA > codeína > morfina.

Estudio 11 - Estados Unidos

Referencia

Gushgari, A. J., A. K. Venkatesan, J. Chen, J. C. Steele y R. U. Halden (2019). Long-term tracking of opioid consumption in two United States cities using wastewater-based epidemiology approach. *Water Res* 161: 171-180

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Muestreo mensual entre 2015 y 2017
- *Morfina, codeína, oxicodona, heroína, fentanilo y metabolitos de opioides seleccionados*

Principales conclusiones

- Fue el primer estudio en el que se usaron datos de análisis de aguas residuales para estimar el número de sobredosis previstas y monitorear el fentanilo durante un período prolongado (un año).

Estudio 12 - Estados Unidos

Referencia

Montgomery, A. B., C. E. O'Rourke y B. Subedi (2021). Basketball and drugs: Wastewater-based epidemiological estimation of discharged drugs during basketball games in Kentucky. *Sci Total Environ* 752: 141712

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Muestreo durante un partido de baloncesto universitario y uno de escuela secundaria fuera del estadio
- *Cocaína, benzoilecgonina, norcocaína, cocaetileno, anfetamina, metanfetamina, metilfenidato, morfina, metadona, EDDP, fentanilo, oxicodona, hidrocodona, hidromorfona, buprenorfina, MDMA, MDEA, MDA, THC, THC-COOH, THC-OH, aripiprazol, quetiapina, alprazolam, diazepam, oxazepam, temazepam, carbamazepina, gabapentina, sertralina, fluoxetina, venlafaxina, citalopram, metcatinona, 4-metilanfetamina, mCPP, 4 metilpenterdona, 4 ANPP*

Principales conclusiones

- La presencia de anfetamina fue mayor en el partido de la escuela secundaria, mientras que se observó una mayor presencia de cocaína en el partido universitario.
- La relación entre la cocaína y su metabolito parece indicar una descarga de cocaína durante el partido.
- Se cuantificaron dos catinonas sintéticas (metcatinona y 4 metilpenterdona) y otras tres NSP (4-ANPP, mCPP y 4 metilanfetamina); la más abundante era la metcatinona.

Estudio 13 - Estados Unidos

Referencia

Rushing, R. y D. A. Burgard (2019). Utilizing Wastewater-Based Epidemiology To Determine Temporal Trends in Illicit Stimulant Use in Seattle, Washington. *ACS Symposium Series*, American Chemical Society. 1319: 155-166

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Una (1) planta de tratamiento de aguas residuales
- MDMA, anfetamina, metanfetamina, cocaína, *benzoilecgonina*

Principales conclusiones

- Las estimaciones del consumo diario de drogas indicaron una mayor carga de estimulantes ilícitos, específicamente MDMA, antes y después de Seattle Pride.

Estudio 14 - Estados Unidos

Referencia

Skees, A. J., K. S. Foppe, B. Loganathan y B. Subedi (2018). Contamination profiles, mass loadings, and sewage epidemiology of neuropsychiatric and illicit drugs in wastewater and river waters from a community in the Midwestern United States. *Sci Total Environ* 631-632: 1457-1464

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Una (1) planta de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, benzoilecgonina, norcocaína, cocaetileno, anfetamina, metanfetamina, morfina, metadona, EDDP, MDMA, MDEA, MDA, THC, THCA, THC-OH, aripiprazol, quetiapina, lorazepam, alprazolam, diazepam, oxazepam, temazepam, carbamazepina, sertralina, fluoxetina, venlafaxina, citalopram, metilfenidato, codeína, fentanilo, oxicodona, hidrocodona, hidromorfona, buprenorfina

Principales conclusiones

- El consumo de metanfetamina y anfetamina fue el mayor que se haya notificado en Estados Unidos.
- Los opioides de venta bajo receta que más se consumían eran codeína e hidrocodona.
- También se examinaron las concentraciones residuales en aguas residuales tratadas.

Estudio 15 - Estados Unidos

Referencia

Subedi, B. y K. Kannan (2014). Mass loading and removal of select illicit drugs in two wastewater treatment plants in New York State and estimation of illicit drug usage in communities through wastewater analysis. *Environ Sci Technol* 48(12): 6661-6670

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Dos (2) plantas de tratamiento de aguas residuales
- Cocaína, benzoilecgonina, norcocaína, cocaetileno, morfina, morfina-3-D-glucurónido, morfina-6-D-glucurónido, metadona, EDDP, anfetamina, metanfetamina, MDMA, MDEA, paraxantina

Principales conclusiones

- La carga de masa de la metadona y la MDA fue 3,2 veces y 51 veces mayor, respectivamente, en la población más grande estudiada.
- Se presentó información sobre la adsorción a partículas en las aguas residuales.
- También se abordó la remoción de estos compuestos durante el tratamiento.

Referencia

Castro, M., I. Pretrini y E. Umpièrerez (2019). Informe Final: Screening of New psychoactive substances, THC and cocaine in urine samples obtained at a musical party in the metropolitan area, Pando Institute of Technology: 28

Marcadores y número de sitios monitoreados (*los metabolitos se indican en letra cursiva*)

- Un (1) rave, 28 muestras recolectadas, cada una de las cuales representaba alrededor de cinco personas
- Fentanilo, cannabinoides sintéticos JWH-018 (JWH-015, JWH-018, JWH-019, JWH-073, JWH-200, AM-2201) y sus metabolitos, cannabinoides sintéticos JWH 250 (JWH-250, JWH-018, JWH-073, JWH-200, JWH-203, RCS-8, AM-2201) y sus metabolitos, cannabinoides sintéticos UR-144/XLR-11 (UR 144, XLR-11, A 834735) y sus metabolitos, catinonas (mefedrona, metedrona, metilona, bufedrona, 4 fluorometcatinona, 3 fluorometcatinona, metcatinona), THC (THC-COOH), cocaína y sus metabolitos, 6-MAM, LSD y sus metabolitos

Principales conclusiones

- Se determinó la presencia de sustancias en muestras de orina de personas que habían ido a la fiesta.
- Se notificó el consumo de cannabinoides sintéticos (JWH 248, JWH-208), que rara vez se notifica en el mundo.
- Se detectaron por primera vez los cannabinoides sintéticos de segunda generación UR 144/XLR-11, pero no se encontraron drogas de tercera generación.
- Se detectaron 1,4-butanediol, GHB, GBL y sedantes o hipnóticos tales como barbital, que podrían estar relacionados con casos de sometimiento sexual.
- Se notificaron mayores niveles de alucinógenos, como psilocina, alfametiltriptamina y LSD, que en estudios anteriores.
- Se determinó que los datos de la EAR pueden ser una fuente de información para fundamentar la intervención del personal de salud en pacientes intoxicados.

AEME: éster metílico de anhidroecgonina

EDDP: 2-etilideno-1,5-dimetil-3,3-difenilpirrolidina (metabolito de la metadona)

LSD: dietilamida del ácido lisérgico

MDA: 3,4-metilenedioxianfetamina

MDEA: 3,4-metilenedioxietilamfetamina

MDMA: 3,4-metilenedioximetamfetamina

OH-COT: trans-3 -hidroxicotinina (metabolito de la nicotina)

PCP: fenciclidina

THC: tetrahidrocannabinol

THCA: forma acídica del THC

THC-COOH: 11-nor-9-carboxi- Δ^9 -tetrahidrocannabinol (metabolito del cannabis)

OH-THC: 11-hidroxi- Δ^9 -tetrahidrocannabinol (metabolitos del cannabis)

6-MAM: 6-acetilmorfina (metabolito de la heroína)

APÉNDICE 1.

FRASES DE BÚSQUEDA EN GOOGLE SCHOLAR

Para hacer la revisión bibliográfica se usaron las frases de búsqueda que se indican a continuación. Se usó Google Scholar, en vista de que sigue un método inclusivo y automático, e indiza de una manera más amplia los documentos académicos que se encuentran en la web. Los artículos pertinentes se resumen en el cuadro 3, y los artículos sobre temas estrechamente relacionados, aunque no se basen en estudios de EAR, se indican aquí.

Antigua “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [8 resultados, 0 pertinentes, 1 tema relacionado]

Pitarch Motellón, J. (2020). *Espectrometría de masas de dilución isotópica y deconvolución de perfiles isotópicos aplicada a problemas complejos: Determinación de esteroides en muestras clínicas y drogas en aguas residuales* (disertación doctoral, Universitat Jaume I). Método analítico interesante.

Barbuda “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [3 resultados, 0 pertinentes]

Argentina “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [80 resultados, 0 pertinentes]

Barbados “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [9 resultados, 1 pertinente]

Belize “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [7 resultados, 0 pertinentes]

Bolivia “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [38 resultados, 0 pertinentes]

Brasil “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [268 resultados, 10 pertinentes, 1 tema relacionado]

Tundisi, J. G., Garcia, J. A., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. E. M., Patrizzi, L. J., y Ghiglieno, F. (2020). *Monitoring wastewater for assessing community health in cities: Perspectives and a proposal. Brazil. J. Biol.*, 80: 946-947. Es interesante para mostrar otros usos posibles de la EAR.

Feitosa, R. S., Sodré, F. F., y Maldaner, A. O. (2013). *Drugs of abuse in waters and wastewaters: occurrence, analytical determination and forensic applications*. *Química Nova*, 36: 291-305. En portugués.

Silva, K. M. D. (2018). *Cocaína, metabolitos e adulterantes no esgoto: estratégias para estimar o poliuso de drogas e o perfil de usuários*. Tesis.

Alcântara, G. B. (2020). *Estimativa do consumo e predição da concentração ambiental de diazepam via epidemiologia do esgoto*. Tesis.

Canadá “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [646 resultados, **3 pertinentes**]

Chile “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [56 resultados, **0 pertinentes**]

Colombia “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [142 resultados, **3 pertinentes**]

Costa Rica “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [59 resultados, **1 pertinente**, 1 tema relacionado]

Causanilles Llanes, A. (2018). *Wastewater-based epidemiology, an analytical chemical approach for the investigation of human consumption of lifestyle chemicals*. Tesis. Es interesante porque contiene una amplia lista de productos químicos.

Cuba “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [34 resultados, **0 pertinentes**]

Dominica “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [5 resultados, **0 pertinentes**]

República Dominicana “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [9 resultados, **0 pertinentes**]

Ecuador “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [33 resultados, **0 pertinentes**]

El Salvador “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [9 resultados, **0 pertinentes**]

Grenada “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [5 resultados, **0 pertinentes**]

Guatemala “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [16 resultados, **0 pertinentes**]

Guyana “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [8 resultados, **0 pertinentes**]

Haití “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [15 resultados, **0 pertinentes**]

Honduras “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [7 resultados, **0 pertinentes**]

Jamaica “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [33 resultados, **0 pertinentes**]

México “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [142 resultados, **1 pertinente**]

Nicaragua “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [10 resultados, **0 pertinentes**]

Panamá “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [15 resultados, **0 pertinentes**]

Paraguay “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [28 resultados, **0 pertinentes**]

Perú “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [45 resultados, **0 pertinentes**]

Saint Kitts y Nevis “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [1 resultado, **0 pertinentes**]

Santa Lucía “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [3 resultados, **0 pertinentes**]

San Vicente y las Granadinas “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [2 resultados, **0 pertinentes**]

Suriname “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [39 resultados, **0 pertinentes**]

Bahamas “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [4 resultados, **0 pertinentes**]

Trinidad y Tobago “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [5 resultados, 0 pertinentes]

Estados Unidos “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” Y drogas -SARS -COVID -Europa -China -Australia -Italia -España [76 resultados, varios pertinentes]

Referencias pertinentes, pero no para el uso de la EAR en relación con drogas: 10.1016/j.mehy.2015.06.020 (forma de vida); 10.1021/bk-2019-1319.ch010 (alimentación); 10.1016/j.coesh.2019.05.001 (estado nutricional), 10.1016/j.coesh.2019.05.001 (método analítico); 10.1016/j.scitotenv.2019.06.419 (exposición a metales); 10.1016/j.scitotenv.2018.11.350 y 10.1016/j.scitotenv.2020.138492 (alcohol y nicotina); 10.1016/j.scitotenv.2020.138406 (tamaño de la población estacional); 10.2166/ws.2022.395 (estimación del caudal); 10.1021/es802309v (método); en varias no se hacía referencia a la COVID-19.

Uruguay “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [31 resultados, **1 pertinente**]

Lizasoain, A., Mir, D., Salvo, M., Bortagaray, et al. (2021). *First evidence of enterovirus A71 and echovirus 30 in Uruguay and genetic relationship with strains circulating in the South American region*. PloS one, 16(8), e0255846. Interesante por la información sobre virus.

Venezuela “epidemiología basada en aguas residuales” O “epidemiología de aguas residuales” -SARS [32 resultados, **0 pertinentes**, 1 tema relacionado]

Devault, D. A., Karolak, S. (2020). *Wastewater-based epidemiology approach to assess population exposure to pesticides: A review of a pesticide pharmacokinetic dataset*. Environ. Sci. Poll. Res, 27(5), 4695-4702.



OEA | CICAD



COMISIÓN INTERAMERICANA PARA EL CONTROL DEL ABUSO DE DROGAS (CICAD)